



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F01C 1/00 (2023.08)

(21)(22) Заявка: 2019127351, 29.08.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
29.08.2019

Дата регистрации:
11.01.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.08.2019

(43) Дата публикации заявки: 01.03.2021 Бюл. № 7

(45) Опубликовано: 11.01.2024 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

400079, г. Волгоград, ул. Быстрова, 249,
Костюков В.Н.

(72) Автор(ы):

Костюков Владимир Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Костюков Владимир Николаевич (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: UA 100827 C2, 25.01.2013. RU
2382240 C1, 20.02.2010. UA 77261 C2, 15.11.2006.
WO 2000012871 A2, 09.03.2000.

(54) Газопаровая энергетическая установка

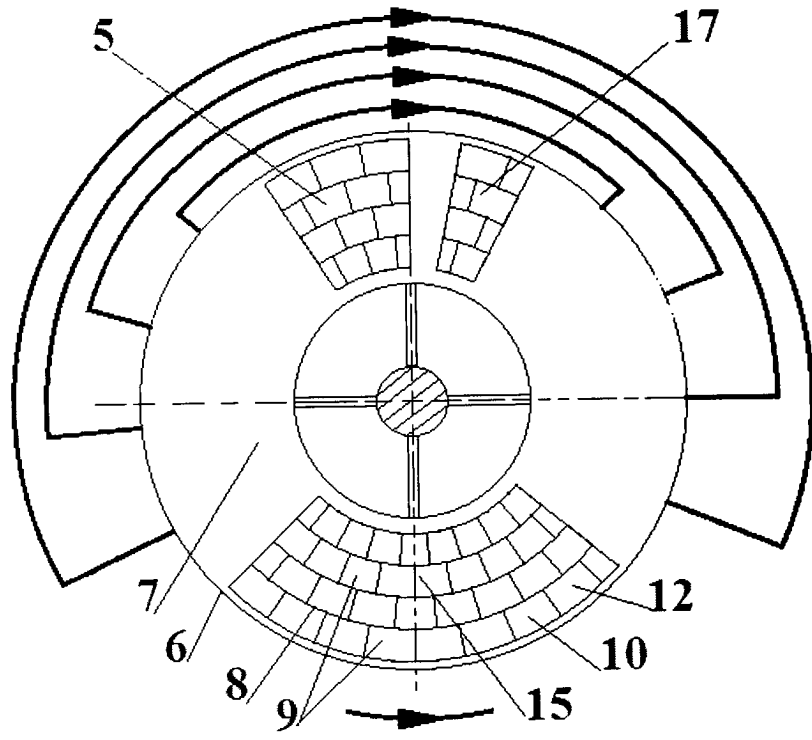
(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения и может использоваться в парогазовых энергетических установках, в устройствах утилизации тепловой энергии. Газопаровая энергетическая установка содержит парогазовый каскадный обменник давлением, интегрированный с газотурбинным двигателем таким образом, что рабочее тело из компрессора газотурбинного двигателя подведено к порту подвода рабочего тела низкого давления, с противоположной стороны в корпусе выполнен порт отвода рабочего тела низкого давления - водяного пара в турбину низкого или среднего давления. Далее, по ходу вращения ротора, выполнен порт подвода рабочего тела высокого давления - водяного пара из котла-утилизатора, с противоположной стороны в стенке корпуса выполнен порт отвода рабочего тела высокого

давления - воздуха, подключенный к камере сгорания, выход из которой соединен с газовой турбиной. В роторе парогазового каскадного обменника давлением выполнены несколько рядов каналов, например, со смещением каналов в одних рядах относительно каналов в других рядах. Также выполнен ряд портов (окон), соединенных между собой перепускными каналами, перед турбиной низкого давления выполнен высокотемпературный, а за турбиной низкого давления выполнен низкотемпературный котел-утилизатор, после которого поток рабочего тела подключен к сепаратору конденсата. При реализации заявленного изобретения обеспечивается расширение сферы применения обменника давления, улучшение экономичности и экологических параметров газопаровых энергетических установок. 13 з.п. ф-лы, 6 ил.

RU 2 8 1 1 4 4 8 C 2

RU 2 8 1 1 4 4 8 C 2



ФИГ. 3

RU 2811448 C2

RU 2811448 C2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F01C 1/00 (2023.08)

(21)(22) Application: **2019127351, 29.08.2019**
 (24) Effective date for property rights:
29.08.2019
 Registration date:
11.01.2024
 Priority:
 (22) Date of filing: **29.08.2019**
 (43) Application published: **01.03.2021** Bull. № 7
 (45) Date of publication: **11.01.2024** Bull. № 2
 Mail address:
400079, g. Volgograd, ul. Bystrova, 249, Kostyukov V.N.

(72) Inventor(s):
Kostyukov Vladimir Nikolaevich (RU)
 (73) Proprietor(s):
Kostyukov Vladimir Nikolaevich (RU)

(54) **COMBINED-CYCLE POWER PLANT**

(57) Abstract:

FIELD: mechanical engineering.
 SUBSTANCE: invention can be used in combined-cycle power plants and thermal energy recovery devices. The gas-steam power plant contains a steam-gas cascade pressure exchanger integrated with a gas turbine engine in such a way that the working fluid from the compressor of the gas turbine engine is supplied to the low-pressure working fluid supply port; on the opposite side of the housing there is an outlet port for the low-pressure working fluid (water steam) into the low-pressure or medium pressure turbine. Further, as the rotor rotates, there is a port for supplying the high-pressure working fluid (water steam from the waste heat boiler); on the opposite side in the housing wall there is an outlet port for the high-pressure working fluid (air), connected to the combustion chamber, the

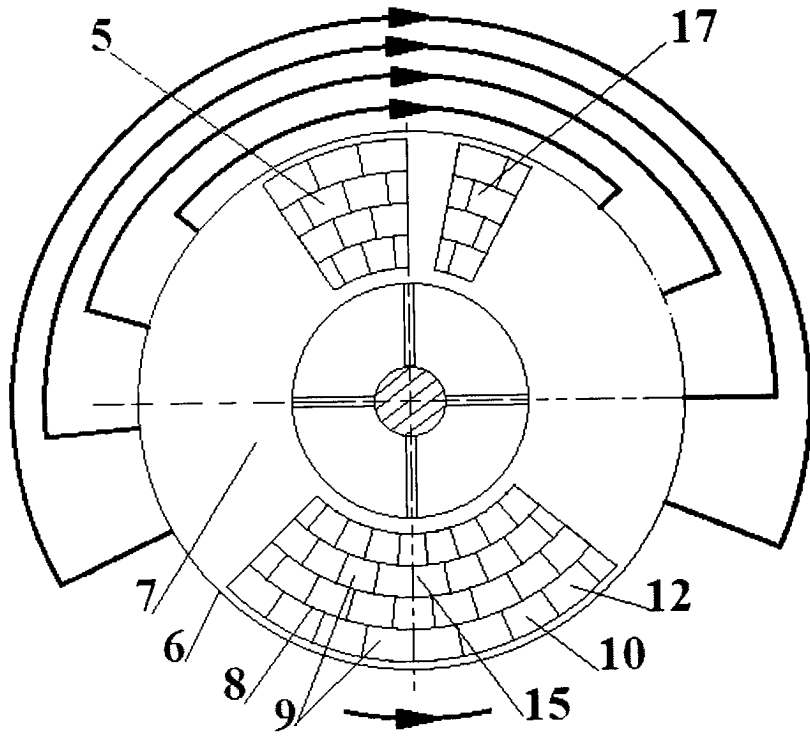
outlet of which is connected to the gas turbine. In the rotor of a steam-gas cascade pressure exchanger, several rows of channels are made, for example, with the channels in some rows offset relative to the channels in other rows. There is also a number of ports (windows) connected to each other by bypass channels; in front of the low-pressure turbine there is a high-temperature one, and behind the low-pressure turbine there is a low-temperature waste heat boiler, after which the flow of the working fluid is connected to the condensate separator.

EFFECT: scope of application of the pressure exchanger is expanded, the efficiency and environmental parameters of gas-steam power plants are improved.

14 cl, 6 dwg

C 2
8 4 4 1 1 8 2
R U

R U
2 8 1 1 4 4 8
C 2



ФИГ. 3

RU 2811448 C2

RU 2811448 C2

Изобретение относится к области машиностроения и может использоваться в парогазовых энергетических установках, в устройствах утилизации тепловой энергии.

Известна парогазовая энергетическая установка, включающая газотурбинный двигатель и котел-утилизатор, в котором остаточная теплота продуктов сгорания ГТУ передается воде, а затем пару. Энергия горячего пара высокого давления преобразуется в механическую энергию на валу паровой турбины. Стр. 210-211 «Теплотехника» Москва «Машиностроение» 1986 г.

Недостатком подобной конструкции является низкий КПД турбокомпрессора высокого давления ГТД и паровой турбины высокого давления, большие габариты и масса.

Известен также каскадный обменник давлением, содержащий, корпус с выполненными портами подвода и отвода рабочего тела, а также с перепускными массообменными каналами, в корпусе, с возможностью вращения, установлен ротор с каналами открытыми с торцов. «Новые направления совершенствования рабочего процесса газотурбинных двигателей с каскадным обменником давления Крайнюка». А.И. Крайнюк. «Авиационно-космическая техника и технология». 2010 №7

Недостатком подобной конструкции является узкая сфера применения, необходимость установки дополнительных вентиляторов, что в ряде случаев усложняет конструкцию, низкие КПД и производительность.

Техническим результатом, достигаемым в данном изобретении, является расширение сферы применения обменника давления, повышение его производительности и КПД, улучшение экономичности и экологических параметров газопаровых энергетических установок при минимальных массогабаритных характеристиках.

Технический результат достигается тем, что газопаровая энергетическая установка, содержащая, по крайней мере один парогенератор в виде котла-утилизатора тепла и другие системы для выработки и конденсации водяного пара, отличается тем, что содержит, по крайней мере, один парогазовый каскадный обменник давлением, включающий корпус, в котором установлен с возможностью вращения ротор, с выполненными по окружности ротора параллельно валу, или диагонально каналами, со стороны впускных и выпускных отверстий каналов к торцам ротора с зазором, выполненным с возможностью регулирования его величины и установки в него уплотнения, примыкают стенки корпуса, в которых образованы порты с возможностью подвода в каналы ротора и отвода из них сжимающего и сжимаемого рабочих тел, парогазовый каскадный обменник давлением интегрирован с газотурбинным двигателем таким образом, что рабочее тело низкого давления, являющееся сжимаемым рабочим телом, из компрессора системы наддува, или из компрессора газотурбинного двигателя, подведено к порту подвода рабочего тела низкого давления, выполненного с одной стороны ротора, а с противоположной стороны ротора в корпусе выполнен порт отвода рабочего тела низкого давления - водяного пара или его смеси с воздухом в турбину низкого или среднего давления, далее, по ходу вращения ротора, со стороны подвода рабочего тела низкого давления, выполнен порт подвода рабочего тела высокого давления, являющегося сжимающим рабочим телом - водяного пара из пароперегревателя котла-утилизатора, с противоположной стороны ротора в стенке корпуса выполнен порт отвода рабочего тела высокого давления, подключенный к системе охлаждения турбины высокого давления и к устройству подвода тепла, в виде камеры сгорания, выход из которого соединен с газовой турбиной, или с каскадом турбин газотурбинного двигателя, при этом в роторе парогазового каскадного обменника давлением выполнены, вдоль радиуса ротора, несколько рядов каналов,

стенки корпуса, расположенные между портами, выполнены с возможностью перекрытия, при вращении ротора, впускных и выпускных отверстий, по крайней мере, одного канала в каждом ряду каналов ротора, также в стенке корпуса парогазового обменника давлением, между портом подвода рабочего тела низкого давления и портом подвода рабочего тела высокого давления выполнен ряд портов, соединенных между собой перепускными массообменными каналами, выполненными с возможностью организации последовательного ступенчатого подвода в каналы ротора и отвода из каналов ротора сжимающего рабочего тела таким образом, что порты, выполненные после порта подвода рабочего тела низкого давления, по ходу вращения ротора, соединены перепускными массообменными каналами с портами, выполненными перед портом подвода рабочего тела низкого давления, по ходу вращения ротора, с возможностью последовательного повышения давления в каналах ротора, по мере приближения каналов к порту подвода рабочего тела высокого давления, при вращении ротора, а порты, выполненные, по ходу вращения ротора, перед портом подвода рабочего тела низкого давления, выполнены с возможностью последовательного снижения давления рабочего тела в каналах ротора, при его вращении, по мере приближения каналов к порту подвода рабочего тела низкого давления, при этом, равноудаленные, с одной и с другой стороны от порта подвода рабочего тела низкого давления порты соединены между собой перепускными массообменными каналами, при этом, по крайней мере перед турбиной низкого давления, выполнен по крайней мере один напорный парогенератор, после которого установлен сепаратор конденсата, или перед турбиной низкого давления газотурбинного двигателя выполнен напорный высокотемпературный котел-утилизатор - генератор пара высокого давления, а за турбиной низкого давления газотурбинного двигателя выполнен низкотемпературный котел-утилизатор, после которого поток рабочего тела подключен к сепаратору конденсата, перед которым выполнен охладитель, при этом, выполненные по ходу расширения рабочих тел, а именно пара и продуктов сгорания, сепараторы конденсата подключены трубопроводами с конденсатными насосами, через деаэраторы, а часть и через охладитель конденсата, по крайней мере к одному котлу-утилизатору, при этом часть сепараторов конденсата подключена к низкотемпературному, а часть к высокотемпературному котлу-утилизатору, при этом котлы-утилизаторы выполнены с возможностью соединения между собой, по крайней мере, одним трубопроводом с конденсатным насосом.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что парогазовый каскадный обменник давлением содержит дополнительный порт подвода рабочего тела - продуктов сгорания, выполненный со стороны и перед портом отвода рабочего тела высокого давления, по ходу вращения ротора, либо с обеих сторон каналов ротора, при этом дополнительный порт соединен с выходом из камеры сгорания, либо с выходом из отдельной высокотемпературной камеры сгорания, вход которой соединен с портом отвода рабочего тела высокого давления парогазового каскадного обменника давлением.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что содержит как минимум два последовательно установленных парогазовых каскадных обменника давлением - один высокого давления, выполненный по ходу движения воздуха перед камерой сгорания, а второй, например среднего давления, выполненный, например после компрессора газотурбинного двигателя, при этом порт отвода рабочего тела высокого давления - воздуха парогазового каскадного обменника давлением высокого давления, подключен к камере сгорания и, например к системе охлаждения турбины высокого

давления газотурбинного двигателя, а возможно и к высокотемпературной камере сгорания, порт подвода рабочего тела высокого давления этого обменника давлением подключен к паропроводу высокого давления, соединенному через регулирующий клапан, например с пароперегревателем высокотемпературного котла-утилизатора, 5 порт подвода рабочего тела низкого давления - воздуха, например через циркуляционный вентилятор подключен к порту отвода рабочего тела высокого давления парогазового каскадного обменника давлением среднего давления, порт отвода рабочего тела низкого давления парогазового каскадного обменника давлением 10 высокого давления может быть подключен к системе охлаждения турбины среднего давления газотурбинного двигателя и, например через пароперегреватель, к порту подвода рабочего тела высокого давления парогазового каскадного обменника давлением среднего давления, порт подвода рабочего тела низкого давления которого подключен к компрессору, например газотурбинного двигателя, а порт отвода рабочего тела низкого давления парогазового каскадного обменника давлением среднего 15 давления выполнен с возможностью подключения, например через сепаратор конденсата, к турбине низкого давления газотурбинного двигателя, либо к паровой турбине, на выходе из которой выполнен конденсатор пара.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что, по крайней мере один котел-утилизатор, например низкотемпературный, выполнен с возможностью генерации 20 пара нескольких. например двух или трех давлений, с возможностью подачи пара высокого давления, по крайней мере в парогазовый каскадный обменник давлением, а пара меньшего давления, по крайней мере в сопла турбин, в которых давление рабочего тела - пара и, или продуктов сгорания не превышает давление пара, полученного в соответствующем контуре котла-утилизатора.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что, по крайней мере одна турбина газотурбинного двигателя, например турбина среднего давления выполнена с отдельным парциальным подводом к соплам двух рабочих тел, с возможностью 25 отдельного расширения в одном секторе турбины преимущественно пара, а в другом - преимущественно продуктов сгорания, при этом отвод пара от этой парциальной двухпоточной турбины подключен к паровой турбине, либо к турбине низкого давления 30 газотурбинного двигателя, например через сепаратор конденсата, а отвод продуктов сгорания подключен к высокотемпературному парогенератору (котлу-утилизатору), выход рабочего тела - продуктов сгорания из которого подключен к турбине низкого давления.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что газотурбинный двигатель содержит, по крайней мере, одну промежуточную камеру сгорания, при этом, например 35 последняя, по ходу движения газа, промежуточная камера сгорания может содержать дополнительный подвод воздуха, подключенный, например к компрессору газотурбинного двигателя.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что содержит устройство наддува газотурбинного двигателя в виде по крайней мере одного компрессора, 40 например с электромотором и, по крайней мере одной турбины, например с электрогенератором, либо устройство наддува выполнено в виде, по крайней мере одного турбокомпрессора, например с мотор-генератором на его валу, при этом компрессор устройства наддува выполнен с возможностью подключения к компрессору 45 газотурбинного двигателя, а турбина подключена к газовому каналу после системы утилизации тепла и сепарации конденсата за турбиной низкого давления газотурбинного двигателя, а за турбиной устройства наддува также выполнен сепаратор конденсата,

перед которым возможно выполнение охладителя.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что между устройствами сжатия рабочего тела, например воздуха, например между компрессорами, и, или в газоходе, соединенном с портом подвода рабочего тела низкого давления, например воздуха, по крайней мере одного парогазового каскадного обменника давлением, выполнено, по крайней мере, одно устройство отвода тепла - промежуточный охладитель, например интегрированное в систему генерации пара в парогенераторе, например, в систему генерации пара нескольких давлений в котле-утилизаторе.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что, по крайней мере, одна камера сгорания и, по крайней мере, турбина высокого давления выделены в отдельный блок, выполненный с возможностью размещения на его валу электрогенератора, при этом турбина низкого давления газотурбинного двигателя выполнена с возможностью размещения на валу компрессора.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что вал ротора парогазового каскадного обменника давлением подключен к приводу, например от газотурбинного или электрического двигателя, с возможностью регулирования оборотов ротора и, или ротор выполнен с возможностью самовращения, например посредством специальных сопел, выполненных в отдельных портах подвода рабочего тела в каналы ротора, например также с возможностью регулирования оборотов ротора, при этом корпус парогазового каскадного обменника давлением может быть выполнен герметичным.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что содержит устройство впрыска конденсата под давлением в воздушный канал, по крайней мере « перед одним парогазовым каскадным обменником давлением, при этом возможно выполнение устройства впрыска конденсата также в воздушном канале перед компрессором и/или перед ступенями компрессора, по крайней мере перед компрессором газотурбинного двигателя, а впрыскиваемый конденсат может быть подключен к устройству впрыска конденсата через устройство подвода тепла, например в виде экономайзера котла-утилизатора и/или конденсатора пара и/или промежуточного теплообменника-охладителя.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что содержит, по крайней мере один подвод водяного пара, с возможностью регулирования его расхода, по крайней мере в одну камеру сгорания и, или в газовый тракт, по крайней мере перед одной турбиной газотурбинного двигателя.

Кроме того, энергетическая установка отличается тем, что содержит паровую или смешанную паровоздушную систему охлаждения по крайней мере высокотемпературной части газотурбинного двигателя, при этом паровоздушная система охлаждения может быть образована путем впрыска под давлением воды (конденсата) в тракт воздушного охлаждения газотурбинного двигателя.

На схемах изображено.

Фиг. 1. Парогазовый каскадный обменник давлением. Вид спереди.

Фиг. 2. Парогазовый каскадный обменник давлением с дополнительным портом подвода рабочего тела. Вид спереди.

Фиг. 3. Парогазовый каскадный обменник давлением с дополнительным портом подвода рабочего тела. Вид сзади.

Фиг. 4. Газопаровая энергетическая установка с высокотемпературным и низкотемпературным котлами-утилизаторами.

Фиг. 5. Газопаровая энергетическая установка с каскадом парогазовых каскадных обменников давлением.

Фиг. 6. Газопаровая энергетическая установка с каскадом парогазовых каскадных обменников давлением и паровой турбиной.

Газопаровая энергетическая установка содержит газотурбинный двигатель 1, с компрессором 2 и, например, с устройством наддува в виде компрессора 3 наддува, с камерой сгорания 4, подключенных к порту отвода рабочего тела высокого давления 5 парогазового каскадного обменника давлением 6, содержащего корпус 7, в котором установлен с возможностью вращения ротор 8, с рядами 9 каналов 10, с впускными 11 и выпускными 12 отверстиями, с возможностью их периодического совмещения с портами в корпусе 7, в котором выполнены порт подвода рабочего тела низкого давления 13, порт подвода рабочего тела высокого давления 14, порт отвода рабочего тела низкого давления 15, порты, подключенные к массообменным (перепускным) каналам 16, может содержать дополнительный порт подвода рабочего тела 17, подключенный к выходу, например из высокотемпературной камеры сгорания 18, турбину высокого давления 19, может содержать турбину среднего давления 20, турбину низкого давления 21, может содержать турбину 22 устройства наддува, например в виде турбокомпрессора 23 с мотор-генератором 24, высокотемпературный котел-утилизатор 25, низкотемпературный котел-утилизатор 26, конденсатор пара 27, сепаратор конденсата 28, конденсатный (питательный) насос 29, может содержать промежуточный охладитель 30, регулирующие клапаны 31, электрогенератор 32, устройство регулирования оборотов 33 парогазового каскадного обменника давлением 6, может содержать устройство впрыска воды (конденсата) 34, электромотор 35, циркуляционный вентилятор 36, охладитель конденсата 37, может содержать парциальную двухпоточную турбину 38, парогазовый каскадный обменник давлением среднего давления 39, парогазовый каскадный обменник давлением низкого давления 40, паровую турбину 41.

Газопаровая энергетическая установка работает следующим образом.

При пуске газотурбинного двигателя от какого-либо стартерного устройства (на схемах не показано) в компрессоре 2 газотурбинного двигателя 1, а при работе мотор-генератора 24 турбокомпрессора 23 устройства наддува и в компрессоре 3 (Фиг. 4) сжимается воздух, который затем поступает в порт подвода рабочего тела низкого давления 13 парогазового каскадного обменника давлением 6, ротор 8 которого вращается от устройства регулирования оборотов 33. При этом трубопроводы, соединенные с портом подвода рабочего тела высокого давления 14 и портом отвода рабочего тела низкого давления 15 парогазового каскадного обменника давлением 6 перекрыты регулируемыми клапанами 31. Воздух низкого давления заполняет ряды 9 каналов 10 ротора 8 (Фиг. 1), которые при вращении ротора 8 совмещаются с портом отвода рабочего тела высокого давления 5, при этом, сжатый в компрессорах воздух, поступает в камеру сгорания 4, куда также подводится топливо. Образованные в камере сгорания 4 продукты сгорания (смесь воздуха и продуктов сгорания) расширяются в турбине высокого давления 19, после чего поступают в свой сектор соплового аппарата двухпоточной парциальной турбины 38, затем поступают в высокотемпературный котел-утилизатор 25, в котором отдают часть тепла. после чего расширяется в турбине низкого давления 21 газотурбинного двигателя 1, вращая вал отбора мощности с компрессором 2 и электрогенератором 32. Затем рабочее тело -продукты сгорания поступает в низкотемпературный котел-утилизатор 26, где отдают часть тепла, после этого, продукты сгорания поступают в сепаратор конденсата 28 где из них удаляется конденсат и расширяются в турбине 22 турбокомпрессора 23 устройства наддува, вращая компрессор наддува 3, после этого продукты сгорания поступают в сепаратор

конденсата 28 где из них удаляется конденсат и удаляются в атмосферу. После того, как в высокотемпературном котле-утилизаторе 25 образуется водяной пар необходимого объема и давления регулирующие клапаны 31, перекрывающие трубопроводы, соединенные с портом подвода рабочего тела высокого давления 14 и портом отвода рабочего тела низкого давления 15 парогазового каскадного обменника давления 6 открываются и в порт подвода рабочего тела высокого давления 14 парогазового каскадного обменника давлением 6 поступает пар, который сжимает находящийся в каналах 10 ротора 8 воздух и выталкивает его в порт отвода рабочего тела высокого давления 5, из которого воздух высокого давления подается в камеру сгорания 4 и цикл повторяется, но теперь уже с более высоким давлением воздуха. При вращении ротора 8 водяной пар ступенчато расширяется в каналах 10 ротора 8, при их совмещении с перепускными каналами 16, после чего пар выталкивается в порт отвода рабочего тела низкого давления 15, из которого часть пара поступает систему охлаждения горячей части (по крайней мере соплового аппарата) парциальной двухпоточной турбины 38, а часть пара поступает в свою часть соплового аппарата парциальной двухпоточной турбины 38 и расширяется в ней, вращая турбину 38, затем пар поступает в сепаратор конденсата 28 где из него удаляется конденсат и вновь расширяется в турбине низкого давления 21 газотурбинного двигателя 1, затем вместе с продуктами сгорания поступает в низкотемпературный котел-утилизатор 26. Полученный в сепараторах конденсата 28 конденсат распределяется в зависимости от своей температуры, после чего конденсатными насосами 29 подается в низкотемпературный котел-утилизатор 26, в высокотемпературный котел-утилизатор 25 и в промежуточные охладители 30, в них к конденсату подводится тепло, в результате чего из него генерируется пар, поступающий, по крайней мере, в порт подвода рабочего тела высокого давления 14 парогазового каскадного обменника давлением 6 и паровой цикл повторяется.

Наличие дополнительного порта подвода рабочего тела 17 (Фиг. 2, Фиг. 3) позволяет увеличить тепловую эффективность цикла за счет рециркуляции продуктов сгорания в цикле. При этом продукты сгорания из высокотемпературной камеры сгорания 18 поступают в дополнительный порт подвода рабочего тела 17, сжимают, находящиеся в каналах 10 ротора 8 пар и воздух и частично заполняют при этом каналы 10. При вращении ротора 8, в результате давления пара, поступающего через порт подвода рабочего тела высокого давления 14 в каналы 10 ротора 8, находящиеся в них пар, воздух и продукты сгорания сжимаются, после чего продукты сгорания и воздух выталкиваются в порт отвода рабочего тела высокого давления 5, попадают в камеру сгорания 4 и в высокотемпературную камеру сгорания 18, при этом горячие продукты сгорания нагревают воздух, снижая расход топлива, повышая этим экономичность установки, при этом также снижается образованию оксидов азота при горении топлива и повышаются экологические характеристики.

Излишки пара высокого давления могут через регулирующие клапаны 31 подаваться в камеры сгорания 4 и 18, увеличивая мощность установки. С целью снижения температуры охлаждаемого воздуха в установке могут быть выполнены охладители конденсата 37, например перед подачей его в промежуточные охладители 30.

С целью увеличения отбираемого, по крайней мере в низкотемпературном котле-утилизаторе тепловой энергии, конденсатные насосы могут быть выполнены нескольких, например, двух давлений с генерацией пара и последующего его срабатывания в турбинах среднего или низкого давления (на схемах не показано). В систему охлаждения турбины высокого давления 19 может, через устройство впрыска конденсата 34, подаваться распыленная вода, которая испаряясь, снижает температуру охлаждающего

воздуха.

Устройство нескольких рядов 9 каналов 10 (Фиг.-1, Фиг.-2, Фиг.-3) повышает расход рабочего тела через парогазовый каскадный обменник давлением 6 и увеличивает его эффективность за счет снижения негативного влияния ударных волн.

5 Парогазовая энергетическая установка может содержать каскад, например из трех парогазовых каскадных обменников давлением высокого 6 среднего 39 и низкого давления 40 (Фиг. 5, Фиг. 6). При этом пар из высокотемпературного котла-утилизатора 25 поступает в подвод высокого давления 14 парогазового каскадного обменника давлением 6 высокого давления, сжимает и вытесняет, находящийся в каналах 10 воздух

10 в камеру сгорания 4, а возможно и в высокотемпературную камеру сгорания 18. Далее, при вращении ротора 8 парогазового каскадного обменника давлением 6 высокого давления, каналы 10, заполненные паром, после частичного расширения пара в перепускных каналах 16, совмещаются с портом подвода рабочего тела низкого давления 13, через который поступает воздух и вытесняет пар в отвод рабочего тела

15 низкого давления 15, откуда часть пара может поступать в систему охлаждения турбины, а возможно и в саму турбину среднего давления 20, а большая часть пара поступает в порт подвода рабочего тела высокого давления 14 парогазового каскадного обменника давлением среднего давления 39, сжимает и вытесняет из каналов 10 этого обменника давлением воздух через порт отвода рабочего тела высокого давления 5, который,

20 после промежуточного охладителя 30 и благодаря работе циркуляционного вентилятора 36, поступает в порт подвода рабочего тела низкого давления 13 парогазового каскадного обменника давлением 6 высокого давления. При вращении ротора 8 парогазового каскадного обменника давлением среднего давления 39, пар частично расширяется в его каналах 10, при совмещении с перепускными каналами 16 и через

25 порт отвода рабочего тела низкого давления 15 поступает в порт подвода рабочего тела высокого давления 14 парогазового каскадного обменника давлением низкого давления 40, сжимает и вытесняет из каналов 10 этого обменника давлением воздух через порт отвода рабочего тела высокого давления 5, который, через промежуточный охладитель 30, благодаря работе циркуляционного вентилятора 36, поступает в порт

30 подвода рабочего тела низкого давления 13 парогазового каскадного обменника давлением среднего давления 39. При вращении ротора 8 парогазового каскадного обменника давлением низкого давления 40, пар частично расширяется в его каналах 10 при совмещении с перепускными каналами 16 и через порт отвода рабочего тела низкого давления поступает, например через сепаратор конденсата 28, в турбину,

35 например низкого давления 21 газотурбинного двигателя 1, или в паровую турбину 41 в которой расширяется (Фиг. 6), после чего поступает в конденсатор пара 27 где конденсируется и поступает в конденсатный насос 29 и далее в системы генерации пара. Воздух из компрессора 3 устройства наддува, благодаря работе электромотора 35, через промежуточный охладитель 30 поступает в порт подвода рабочего тела низкого

40 давления 13 парогазового каскадного обменника давлением низкого давления 40, вытесняет из каналов 10 этого обменника давлением пар и, благодаря работе каскада каскадных обменников давлением 6, 39 и 30, дополнительно сжимается, после чего поступает в системы газотурбинного двигателя 1.

Использование данного изобретения позволит повысить КПД и экологические характеристики газопаровых энергетических установок, при минимальных

45 массогабаритных параметрах газотурбинного и парового контуров.

(57) Формула изобретения

1. Газопаровая энергетическая установка, содержащая по крайней мере один парогенератор в виде котла-утилизатора тепла и другие системы для выработки и конденсации водяного пара, отличающаяся тем, что содержит по крайней мере один парогазовый каскадный обменник давлением, включающий корпус, в котором
5 установлен с возможностью вращения ротор с выполненными по окружности ротора параллельно валу или диагонально каналами, со стороны впускных и выпускных отверстий каналов к торцам ротора с зазором, выполненным с возможностью регулирования его величины и установки в него уплотнения, примыкают стенки корпуса, в которых образованы порты с возможностью подвода в каналы ротора и отвода из
10 них сжимающего и сжимаемого рабочих тел, парогазовый каскадный обменник давлением интегрирован с газотурбинным двигателем таким образом, что рабочее тело низкого давления, являющееся сжимаемым рабочим телом, из компрессора системы наддува или из компрессора газотурбинного двигателя подведено к порту подвода рабочего тела низкого давления, выполненного с одной стороны ротора, а с
15 противоположной стороны ротора в корпусе выполнен порт отвода рабочего тела низкого давления - водяного пара или его смеси с воздухом в турбину низкого или среднего давления, далее, по ходу вращения ротора, со стороны подвода рабочего тела низкого давления выполнен порт подвода рабочего тела высокого давления, являющегося сжимающим рабочим телом, - водяного пара из пароперегревателя котла-
20 утилизатора, с противоположной стороны ротора в стенке корпуса выполнен порт отвода рабочего тела высокого давления, подключенный к системе охлаждения турбины высокого давления и к устройству подвода тепла в виде камеры сгорания, выход из которого соединен с газовой турбиной или с каскадом турбин газотурбинного двигателя, при этом в роторе парогазового каскадного обменника давлением выполнены, вдоль
25 радиуса ротора, несколько рядов каналов, стенки корпуса, расположенные между портами, выполнены с возможностью перекрытия, при вращении ротора, впускных и выпускных отверстий, по крайней мере одного канала в каждом ряду каналов ротора, также в стенке корпуса парогазового обменника давлением, между портом подвода рабочего тела низкого давления и портом подвода рабочего тела высокого давления
30 выполнен ряд портов, соединенных между собой перепускными массообменными каналами, выполненными с возможностью организации последовательного ступенчатого подвода в каналы ротора и отвода из каналов ротора сжимающего рабочего тела таким образом, что порты, выполненные после порта подвода рабочего тела низкого давления, по ходу вращения ротора, соединены перепускными массообменными каналами с
35 портами, выполненными перед портом подвода рабочего тела низкого давления, по ходу вращения ротора, с возможностью последовательного повышения давления в каналах ротора, по мере приближения каналов к порту подвода рабочего тела высокого давления, при вращении ротора, а порты, выполненные, по ходу вращения ротора, перед портом подвода рабочего тела низкого давления выполнены с возможностью
40 последовательного снижения давления рабочего тела в каналах ротора, при его вращении, по мере приближения каналов к порту подвода рабочего тела низкого давления, при этом равноудаленные с одной и с другой стороны от порта подвода рабочего тела низкого давления порты соединены между собой перепускными массообменными каналами, при этом по крайней мере перед турбиной низкого давления
45 выполнен по крайней мере один напорный парогенератор, после которого установлен сепаратор конденсата, или перед турбиной низкого давления газотурбинного двигателя выполнен напорный высокотемпературный котел-утилизатор - генератор пара высокого давления, а за турбиной низкого давления газотурбинного двигателя выполнен

низкотемпературный котел-утилизатор, после которого поток рабочего тела подключен к сепаратору конденсата, перед которым выполнен охладитель, при этом выполненные по ходу расширения рабочих тел, а именно пара и продуктов сгорания, сепараторы конденсата подключены трубопроводами с конденсатными насосами, через деаэраторы, а часть и через охладитель конденсата, по крайней мере к одному котлу-утилизатору, при этом часть сепараторов конденсата подключена к низкотемпературному, а часть к высокотемпературному котлу-утилизатору, при этом котлы-утилизаторы выполнены с возможностью соединения между собой по крайней мере одним трубопроводом с конденсатным насосом.

2. Энергетическая установка по п. 1, отличающаяся тем, что парогазовый каскадный обменник давлением содержит дополнительный порт подвода рабочего тела - продуктов сгорания, выполненный со стороны и перед портом отвода рабочего тела высокого давления, по ходу вращения ротора, либо с обеих сторон каналов ротора, при этом дополнительный порт соединен с выходом из камеры сгорания либо с выходом из отдельной высокотемпературной камеры сгорания, вход которой соединен с портом отвода рабочего тела высокого давления парогазового каскадного обменника давлением.

3. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что содержит как минимум два последовательно установленных парогазовых каскадных обменника давлением - один высокого давления, выполненный по ходу движения воздуха перед камерой сгорания, а второй, например среднего давления, выполненный, например, после компрессора газотурбинного двигателя, при этом порт отвода рабочего тела высокого давления - воздуха парогазового каскадного обменника давлением высокого давления, подключен к камере сгорания и, например, к системе охлаждения турбины высокого давления газотурбинного двигателя, а возможно и к высокотемпературной камере сгорания, порт подвода рабочего тела высокого давления этого обменника давлением подключен к паропроводу высокого давления, соединенному через регулирующий клапан, например, с пароперегревателем высокотемпературного котла-утилизатора, порт подвода рабочего тела низкого давления - воздуха, например, через циркуляционный вентилятор подключен к порту отвода рабочего тела высокого давления парогазового каскадного обменника давлением среднего давления, порт отвода рабочего тела низкого давления парогазового каскадного обменника давлением высокого давления может быть подключен к системе охлаждения турбины среднего давления газотурбинного двигателя и, например, через пароперегреватель к порту подвода рабочего тела высокого давления парогазового каскадного обменника давлением среднего давления, порт подвода рабочего тела низкого давления которого подключен к компрессору, например, газотурбинного двигателя, а порт отвода рабочего тела низкого давления парогазового каскадного обменника давлением среднего давления выполнен с возможностью подключения, например, через сепаратор конденсата к турбине низкого давления газотурбинного двигателя либо к паровой турбине, на выходе из которой выполнен конденсатор пара.

4. Энергетическая установка, по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что по крайней мере один котел-утилизатор, например низкотемпературный, выполнен с возможностью генерации пара нескольких, например двух или трех, давлений с возможностью подачи пара высокого давления по крайней мере в парогазовый каскадный обменник давлением, а пара меньшего давления по крайней мере в сопла турбин, в которых давление рабочего тела - пара и/или продуктов сгорания не превышает давление пара, полученного в соответствующем контуре котла-утилизатора.

5. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что по крайней мере одна турбина газотурбинного двигателя, например турбина среднего давления, выполнена с отдельным парциальным подводом к соплам двух рабочих тел, с возможностью отдельного расширения в одном секторе турбины преимущественно пара, а в другом - преимущественно продуктов сгорания, при этом отвод пара от этой парциальной двухпоточной турбины подключен к паровой турбине либо к турбине низкого давления газотурбинного двигателя, например через сепаратор конденсата, а отвод продуктов сгорания подключен к высокотемпературному парогенератору (котлу-утилизатору), выход рабочего тела - продуктов сгорания из которого подключен к турбине низкого давления.

6. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что газотурбинный двигатель содержит по крайней мере одну промежуточную камеру сгорания, при этом, например, последняя, по ходу движения газа, промежуточная камера сгорания может содержать дополнительный подвод воздуха, подключенный, например, к компрессору газотурбинного двигателя.

7. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что содержит устройство наддува газотурбинного двигателя в виде по крайней мере одного компрессора, например, с электромотором и по крайней мере одной турбины, например, с электрогенератором, либо устройство наддува выполнено в виде по крайней мере одного турбокомпрессора, например, с мотор-генератором на его валу, при этом компрессор устройства наддува выполнен с возможностью подключения к компрессору газотурбинного двигателя, а турбина подключена к газовому каналу после системы утилизации тепла и сепарации конденсата за турбиной низкого давления газотурбинного двигателя, а за турбиной устройства наддува также выполнен сепаратор конденсата, перед которым возможно выполнение охладителя.

8. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что между устройствами сжатия рабочего тела, например воздуха, например, между компрессорами и/или в газоход, соединенном с портом подвода рабочего тела низкого давления, например воздуха, по крайней мере одного парогазового каскадного обменника давлением, выполнено по крайней мере одно устройство отвода тепла - промежуточный охладитель, например, интегрированное в систему генерации пара в парогенераторе, например в систему генерации пара нескольких давлений в котле-утилизаторе.

9. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что по крайней мере одна камера сгорания и по крайней мере турбина высокого давления выделены в отдельный блок, выполненный с возможностью размещения на его валу электрогенератора, при этом турбина низкого давления газотурбинного двигателя выполнена с возможностью размещения на валу компрессора.

10. Энергетическая установка по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что вал ротора парогазового каскадного обменника давлением подключен к приводу, например, от газотурбинного или электрического двигателя с возможностью регулирования оборотов ротора и/или ротор выполнен с возможностью самовращения, например, посредством специальных сопел, выполненных в отдельных портах подвода рабочего тела в каналы ротора, например также с возможностью регулирования оборотов ротора, при этом корпус парогазового каскадного обменника давлением может быть выполнен герметичным.

11. Энергетическая установка, по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что содержит устройство впрыска конденсата под давлением в воздушный канал, по крайней мере, перед одним парогазовым каскадным обменником давлением, при этом возможно

5 выполнение устройства впрыска конденсата также в воздушном канале перед компрессором и/или перед ступенями компрессора, по крайней мере перед компрессором газотурбинного двигателя, а впрыскиваемый конденсат может быть подключен к устройству впрыска конденсата через устройство подвода тепла, например, в виде
экономайзера котла-утилизатора и/или конденсатора пара и/или промежуточного теплообменника-охладителя.

10 12. Энергетическая установка, по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что содержит по крайней мере один подвод водяного пара с возможностью регулирования его расхода по крайней мере в одну камеру сгорания и/или в газовый тракт по крайней мере перед одной турбиной газотурбинного двигателя.

15 13. Энергетическая установка, по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что содержит паровую или смешанную паровоздушную систему охлаждения по крайней мере высокотемпературной части газотурбинного двигателя, при этом паровоздушная система охлаждения может быть образована путем впрыска под давлением воды (конденсата) в тракт воздушного охлаждения газотурбинного двигателя.

20

25

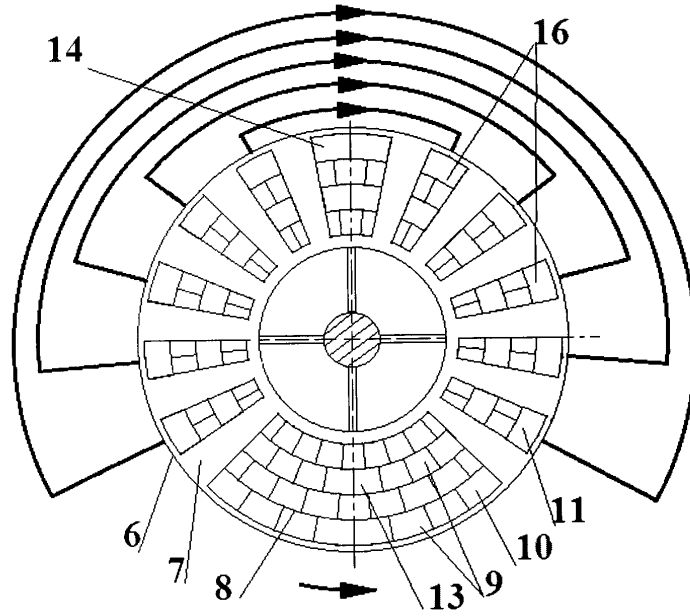
30

35

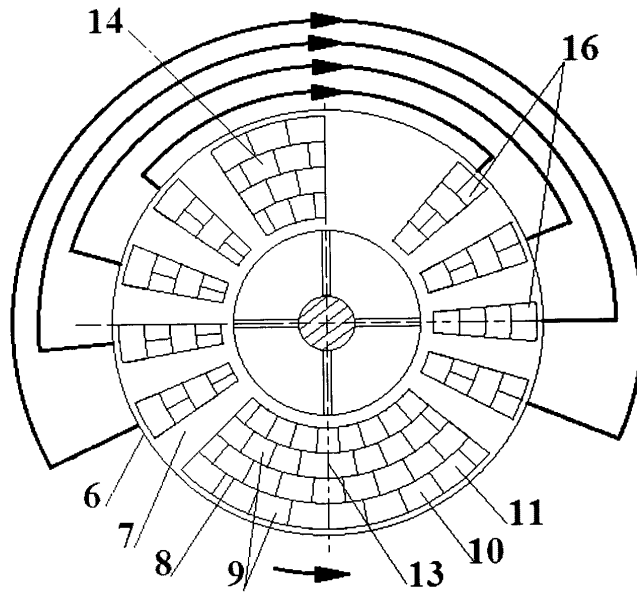
40

45

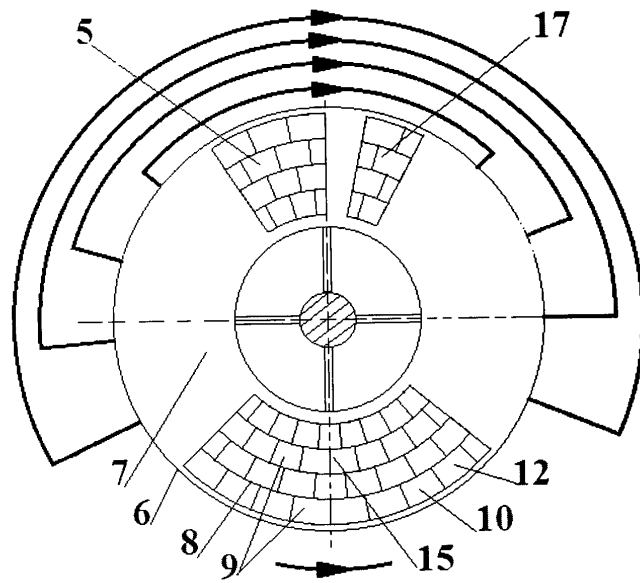
ФИГ. 1



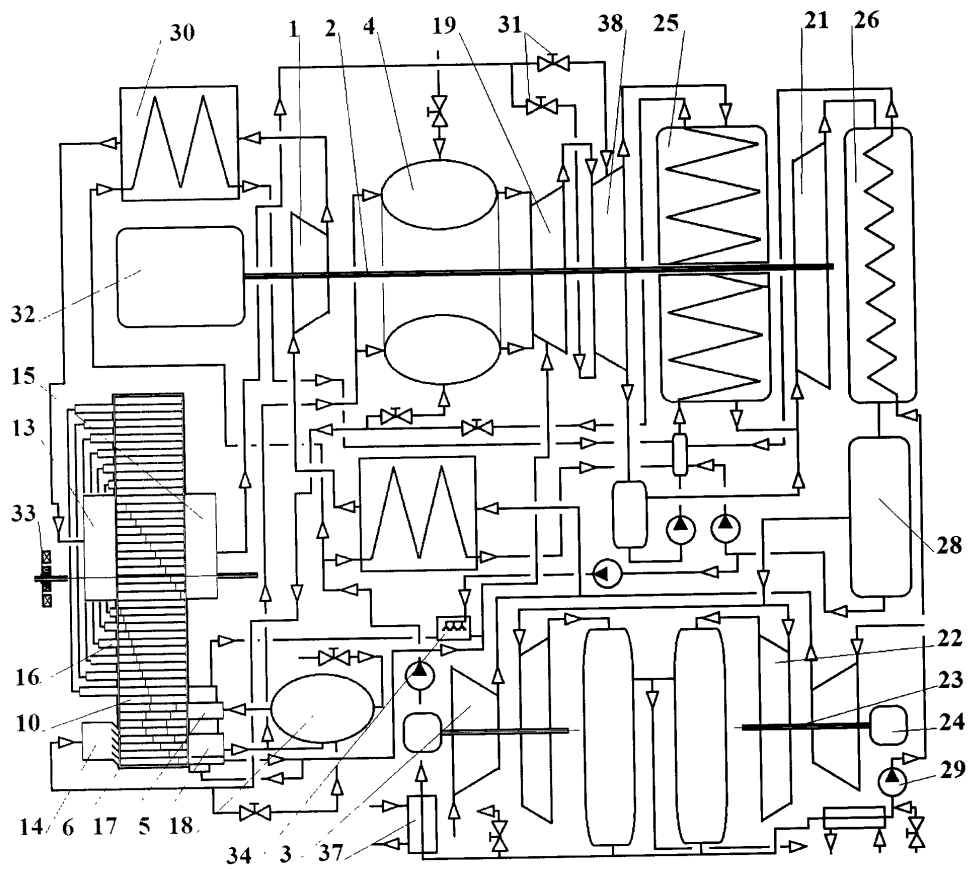
ФИГ. 2



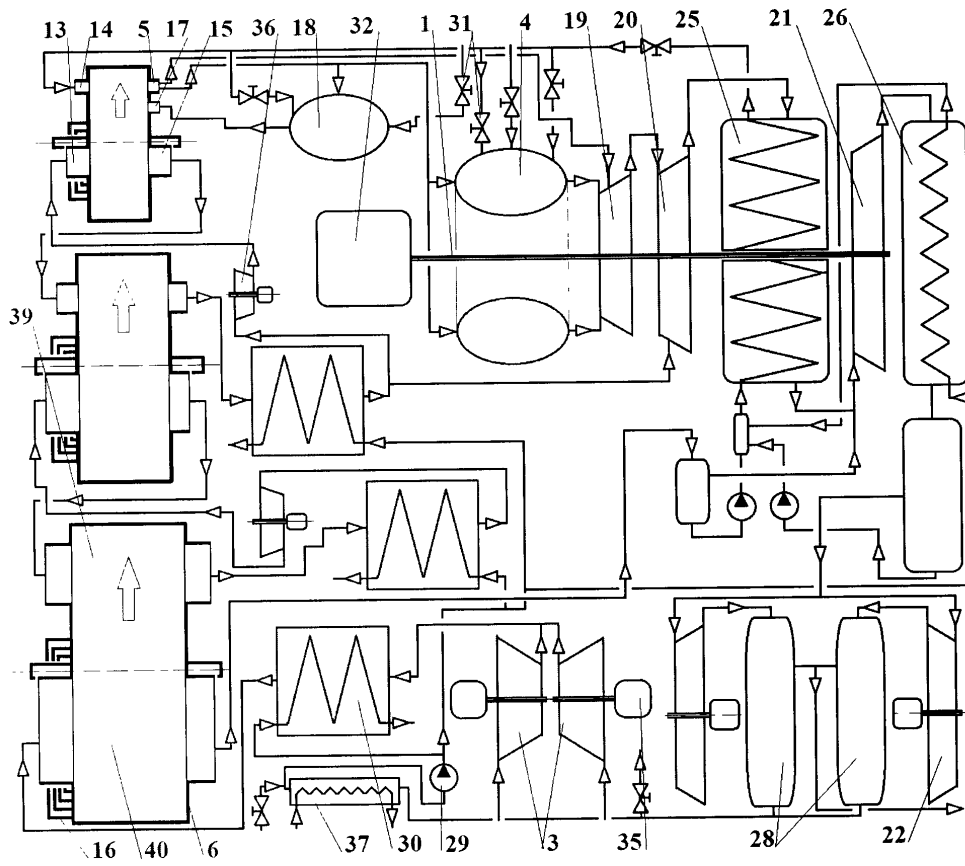
ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5



ФИГ. 6

